

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-006991

(43)Date of publication of application : 14.01.1994

(51)Int.Cl.

H02N 11/00  
F03G 7/00

(21)Application number : 04-142499

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL  
SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 03.06.1992

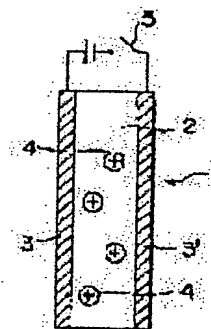
(72)Inventor : OGURO KEISUKE  
TAKENAKA HIROTAKA  
KAWAMI YOJI  
MIYAKE SHINICHI  
FUKUDA YUTAKA

## (54) ACTUATOR ELEMENT

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a high response miniature actuator by providing a cation-exchange membrane containing water and electrodes jointed thereto on the opposite faces thereof and then bending and deforming the cation-exchange membrane by applying a potential difference on the cation-exchange membrane.

CONSTITUTION: A cation-exchange membrane 2 is jointed, on the opposite faces thereof, with electrodes 3, 3' made of a material other than noble metal and the electrodes 3, 3' are connected through lead wires with a power supply 5 thus constituting an actuator element 1. Upon application of a potential difference between the surface and the rear of the cation-exchange membrane 2, positive ions 4 in the cation-exchange membrane 2 move toward the cathode 3' side and thereby water molecules move in the membrane to produce difference in water content between the anode side and the cathode side. Since the cation-exchange membrane 2 swells as water content increases while contracts as the water content decreases, the cation-exchange membrane 2 bends when the water content is different between the surface and the rear thereof.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.04.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2768869

[Date of registration]

10.04.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-6991

(43)公開日 平成6年(1994)1月14日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 2 N 11/00

F 0 3 G 7/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 8525-5H

H

審査請求 未請求 請求項の数2(全 4 頁)

(21)出願番号 特願平4-142499

(22)出願日 平成4年(1992)6月3日

(71)出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(74)上記1名の復代理人 弁理士 柴田 康夫 (外2名)

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(74)上記1名の代理人 弁理士 青山 葆 (外1名)

(72)発明者 小黑 啓介

大阪府池田市五月丘3丁目4-3

(72)発明者 竹中 啓恭

大阪府池田市五月丘3丁目4-8-232

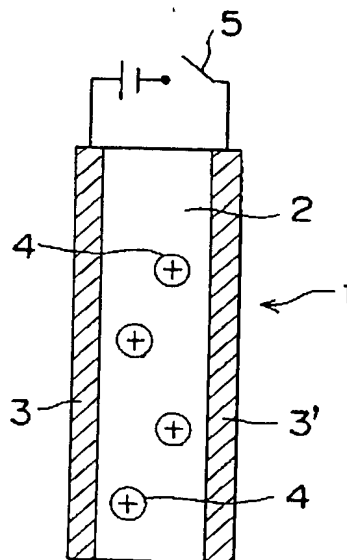
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アクチュエータ素子

(57)【要約】

【目的】 超小型アクチュエータ素子を提供する。

【構成】 アクチュエータは、陽イオンに交換した含水状態の陽イオン交換膜と、このイオン交換膜の両面に接合した電極とからなるか、含水状態のイオン交換膜と、このイオン交換膜の両面に接合した電極と、前記イオン交換膜と前記電極を被覆するポリマー材料からなり、前記イオン交換膜に電位差をかけることにより前記陽イオン交換膜または前記ポリマー材料被覆に湾曲および変形が生じる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 陽イオンに交換した含水状態の陽イオン交換膜と、このイオン交換膜の両面に接合した貴金属以外の電極とからなり、前記陽イオン交換膜に電位差をかけることにより前記陽イオン交換膜に湾曲および変形が生じるアクチュエータ素子。

【請求項2】 含水状態のイオン交換膜と、このイオン交換膜の両面に接合した電極と、前記イオン交換膜と前記電極を被覆するポリマー材料からなり、前記イオン交換膜に電位差をかけることにより前記ポリマー材料被覆に湾曲および変形が生じるアクチュエータ素子。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】本発明はアクチュエータ素子に関し、より詳細にはイオン交換膜に電氣的刺激により湾曲および変形を生じさせてアクチュエータとして機能させる超小型のアクチュエータ素子に関する。

**【0002】**

【従来の技術】アクチュエータを小型化すると慣性力よりも摩擦や粘性力が支配的となるため、モータやエンジンのような慣性力を利用してエネルギーを運動に変える機構を、超小型機械用のアクチュエータとしては用いることが困難であると言われている。これまでに提案されている超小型アクチュエータの作動原理としては、静電吸引型、圧電型、超音波式、形状記憶合金、高分子伸縮式等が知られている。

【0003】静電引力型アクチュエータは、電極となる板や棒を対極に引きつけるもので、数十 $\mu\text{m}$ 離れた対極との間に100V程度の電圧をかけて、電極をたわませるものが知られている。圧電型アクチュエータは、チタン酸バリウムなどセラミックの圧電素子に数Vの電圧をかけて素子を伸縮させるもので、ナノメートル単位の変位を制御できるものが知られている。また超音波式は、圧電素子などで発生させた超音波振動と摩擦力の組み合わせにより、ずれを生じさせることで駆動するものが知られている。形状記憶合金式アクチュエータは、温度によって形状が大きく変化するため、温度を変化させることで作動する。高分子伸縮式アクチュエータは、高分子の繊維が、温度またはpHの変化や周囲の化学物質の温度変化によって伸縮するものである。応答が早く、小電力で作動するアクチュエータ素子として、例えば特願平3-59793号公報に開示されているような、イオン交換膜と、このイオン交換膜の両面に接合した電極とからなり、前記イオン交換膜の含水状態において、前記イオン交換膜に電位差をかけて前記イオン交換膜に湾曲および変形を生じるものが知られている。

**【0004】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これまでの超小型アクチュエータにはそれぞれ作動環境に制限があったり、応答性が不十分であったり、また構造が複

雑であったり、柔軟性が欠如しているなどの欠点を有している。

【0005】たとえばイオン交換膜を用いたアクチュエータ素子に、ポリスチレンスルホン酸膜や、スルホン基およびカルボキシル基をもつフッ素系樹脂イオン交換膜のような強酸系の陽イオン交換膜を用いる場合には、イオン交換膜の両面に接合する電極の材料として白金、イリジウム、パラジウム、ルテニウム等の貴金属を使用しなければならず、安価な金属、例えばニッケルや銅等は腐食の問題により使用することができない。その結果、アクチュエータ素子の製造コストは大きくなってしま

う。

【0006】さらに、高分子ゲルアクチュエータは、ゲルの膨潤・収縮により体積変化により素子を変形させるため、ゲル外からの溶媒の吸収またはゲル外への溶媒の放出が必要である。このような作動原理に基づくアクチュエータは、ゲルを取り巻く環境が常に溶媒含む場合にのみ作動可能である。また、人体中で作動させようとする場合、体内に存在する各種イオンの為に、ゲルの正常な動きが阻害されるという欠点があった。

【0007】本発明の目的は、構造が単純で、小型化が容易であり、応答も速く、小電力で作動し、柔軟で、かつ安価なアクチュエータ素子を提供することである。本発明の別の目的は、構造が単純で、小型化が容易であり、応答も速く、小電力で作動し、アクチュエータを取り巻く環境に影響されずに作動し、かつ柔軟であるアクチュエータ素子を提供することである。

**【0008】**

【課題を解決するための手段】本発明の第1の要旨では、陽イオンに交換した含水状態の陽イオン交換膜と、このイオン交換膜の両面に接合した電極とからなり、前記陽イオン交換膜に電位差をかけることにより前記陽イオン交換膜に湾曲および変形が生じるアクチュエータ素子が提供される。本発明の第2の要旨では、含水状態のイオン交換膜と、このイオン交換膜の両面に接合した電極と、前記イオン交換膜と前記電極を被覆するポリマー材料からなり、前記イオン交換膜に電位差をかけることにより前記ポリマー材料被覆に湾曲および変形が生じるアクチュエータ素子が提供される。

【0009】以下、本発明のアクチュエータ素子の第1の態様を図面に基づき説明する。図1に示すとおり、本発明のアクチュエータ素子1は陽イオン交換膜2と、このイオン交換膜2の両面に接した電極3、3'とからなる。

【0010】この陽イオン交換膜としてポリスチレンスルホン酸膜や、スルホン基やカルボキシル基をもつフッ素系樹脂イオン交換膜を用いてアクチュエータ素子をつくるのが可能であるが、この場合には従来、白金、イリジウム、パラジウム、ルテニウム等の貴金属、または導電性高分子や黒鉛などの耐食性を合わせもつ物質を電

極3, 3'として用いることが必要であった。しかし、本発明によれば、陽イオン交換樹脂を予じめ陽イオンによって交換しておくので、高価な電極を用いる必要がなく、電極3, 3'にニッケルや銅を用いることができ、アクチュエータ素子を安価に製造できる。予め陽イオンにより交換した陽イオン交換樹脂に、ニッケル、銅などの耐食性をもたない金属を付着させると、電極は腐食することなく、長期にアクチュエータ素子として用いることが可能である。

【0011】電極の陽イオン交換樹脂への接合には、化学メッキ、電気メッキ、真空蒸着、スパッタリング、塗布、圧着、溶着等の電極材料を高分子膜に付着させるための既知の方法が全て利用できる。

【0012】電極3, 3'をリード線を介して電源5に連結するとアクチュエータ素子が完成する。電源5は、直流電源または交流のいずれでもよい。

【0013】本発明においては、アクチュエータ素子の作動時には、イオン交換膜が含水状態である必要がある。ここで含水状態とは、アクチュエータが水中で、または高湿度の大気中でも作動することを意味する。水中においては、周囲の水に含まれるイオンが動作に影響する場合もあるが、本発明のアクチュエータは、種々のイオンや溶質を含んだ液中でも作動できる。

【0014】本発明のアクチュエータの第2の態様では、図2に示すように、イオン交換膜2および電極3, 3'はポリマー材料6により被覆されている。イオン交換膜としては、陽イオン交換膜および陰イオン交換膜のいずれも使用することができる。陽イオン交換膜としては、第1の態様の場合と同様のイオン交換膜が使用できる。陰イオン交換膜としては、例えば、アンモニウム基を含んだフッ素樹脂系イオン交換膜が使用できる。

【0015】電極材料および電極の接合方法も第1の態様と同じである。

【0016】被覆用ポリマー材料6としては、薄い被膜を形成できるポリマーなら制限なく使用でき、とりわけ水不溶性ポリマーが好ましい。たとえば、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリアミドなどが挙げられる。また、被覆方法も特に限定されるものではないが、薄膜を形成できる方法が好ましい。たとえば、被覆ポリマーの溶液または融液に、イオン交換膜と電極から成る素子を浸漬し、引き上げた後乾燥する方法、被覆ポリマーの溶液または融液に、イオン交換膜と電極から成る素子を浸漬し、次いでポリマーの貧溶媒に浸漬する方法などが挙げられる。

【0017】本発明のアクチュエータ素子の作動機構あるいは原理は明確ではないが、膜の表裏に電位差がかかることで、図3および図4に示すようにイオン交換膜2中の正イオン4が陰極3'側に移動し、このイオンに伴なわれて水分子が膜内で移動するために、陽極側と陰極側で水分量が差ができると推定される。従って含水率が

高まればイオン交換膜は膨潤し、含水率が低下すればイオン交換膜は収縮するので、膜の表裏で水分量が差があれば膜は湾曲すると考えられる。

【0018】ただし、イオンの分布に差が付いても、その状態でイオンの動きが止まれば、膜の外部からの水の拡散によって次第に水分分布は元の均一状態に近づくことと推定される。すなわち一定電圧をかけていても膜内の電流が減少すれば、一端生じた含水率の分布は徐々に平均化されて行くために、湾曲は元に戻ると考えられる。陽イオン交換膜を純水中で用いた場合、移動するイオンは $H^+$ イオンであり、食塩水中で用いた場合は $Na^+$ であると考えられるため、電圧をかけるとそれらのイオンは水分子と共に陰極側へ移動する。このように考察すれば、陰極側の高分子膜の含水率が上がり、陽極側の含水率は下がるので、陰極側が伸びて陽極側が縮むため、膜は陽極側へ湾曲することになり、この傾向は実施例の結果と一致する。

【0019】

【実施例】以下、実施例を示し、本発明を説明する。

#### 実施例1

厚さ0.2mmのフッ素樹脂系陽イオン交換膜ナフィオン（登録商標、デュポン社製）を0.1規定水酸化ナトリウム溶液に浸し、予め陽イオンを $Na^+$ に交換したものに、塩化スズ及び塩化パラジウムにより前処理を行った後、無電解ニッケルめっき液MACニッケル600（登録商標、奥野化学工業製）によって、めっきを行った。このめっき膜を幅2mm長さ20mmに裁断し、その一端に2mm角の白金箔に白金リード線の付いた給電体を両面から押しつけて、プラスチック製持具で挟んだ。

【0020】純水中に持具を同定してこのめっき膜を釣り下げ、リード線は直流定電圧電源に接続した。リード線間に0.2V印加すると、接合体は瞬時に湾曲し、先端は陽極方向に約0.1mm移動した。電圧印加時には過渡的な電流が流れるが、1秒後には $10\mu A$ 以下になり、ほとんど電流は流れなくなる。印加電圧を0Vにすると、接合体の湾曲は瞬時に元に戻った。さらに逆方向に0.2Vの電圧をかけると、逆方向に湾曲した。印加電圧を1Vにすると湾曲は大きくなり、先端部分の変位は約0.5mmであった。このめっき膜は1ヶ月後にも腐食することなく、電圧印加によって上記と同様な動作を起こさせることが可能であった。

#### 【0021】実施例2

厚さ0.2mmのフッ素樹脂系陽イオン交換膜ナフィオン（登録商標、デュポン社製）の両面に、化学めっきにより白金を $3mg/cm^2$ ずつ接合させた。この接合体を幅2cm長さ20mmに裁断し、両面に白金リード線を接合し、ポリスチレンのキシレン溶液（濃度1%）に浸漬後、風乾した。

【0022】大気中で、リード線間に0.2V印加すると、接合体は瞬時に湾曲し、先端は陽極方向に約0.1mm

m移動した。印加電圧を0Vにすると、接合体の湾曲は瞬時に元に戻った。さらに逆方向に0.2Vの電圧をかけると、逆方向に湾曲した。

【0023】また、1Hzの周期の矩形波で1Vの電位差を与えると、接合体は1Hzの周期で屈曲運動を繰り返し、長期間にわたってこの運動を継続した。

【0024】

【発明の効果】本発明によれば、安価な、水中での超小型動力発生機構が可能になるので、特に水中で作動する超小型ロボット用の人工筋肉として利用でき、また生体内で使用される医療用器具の動力にも応用できる。ポリマー被覆を有する場合、周囲に溶媒がない環境でも長期間動作が継続する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の態様のアクチュエータ素子の断面図。

【図2】 本発明の第2の態様のアクチュエータ素子の断面図。

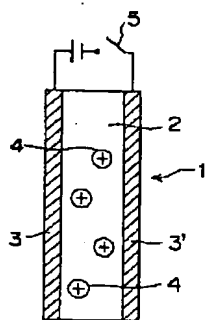
【図3】 本発明の第1の態様のアクチュエータ素子の動作原理を示す図。

【図4】 本発明の第2の態様のアクチュエータ素子の動作原理を示す図。

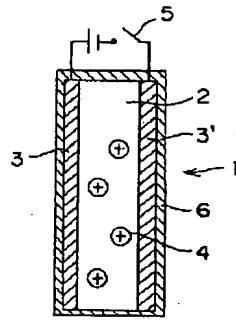
【符号の説明】

1：アクチュエータ素子、2：イオン交換膜、3, 3'：電極、4：陽イオン、5：電源、6：ポリマー材料

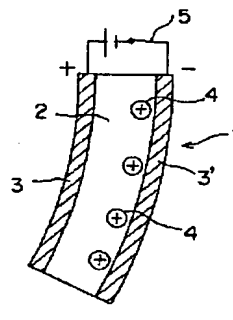
【図1】



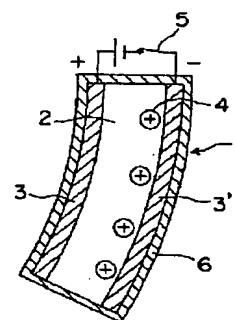
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 川見 洋二

大阪府河内長野市片添町92

(72)発明者 三宅 伸一

大阪府大阪市此花区島屋1丁目1番3号  
住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 福田 豊

大阪府大阪市此花区島屋1丁目1番3号  
住友電気工業株式会社大阪製作所内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第4区分

【発行日】平成9年(1997)3月28日

【公開番号】特開平6-6991

【公開日】平成6年(1994)1月14日

【年通号数】公開特許公報6-70

【出願番号】特願平4-142499

【国際特許分類第6版】

H02N 11/00

F03G 7/00

【F I】

H02N 11/00 Z 8610-3H

F03G 7/00 H 7713-3G

【手続補正書】

【提出日】平成8年4月17日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】さらに、高分子ゲルアクチュエータは、ゲルの膨潤・収縮により体積変化により素子を変形させるため、ゲル外からの溶媒の吸収またはゲル外への溶媒の放出が必要である。このような作動原理に基づくアクチュエータは、ゲルを取り巻く環境が常に溶媒を含む場合にのみ作動可能である。また、人体中で作動させようとする場合、体内に存在する各種イオンの為に、ゲルの正常な動きが阻害されるという欠点があった。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】この陽イオン交換膜としてポリスチレンスルホン酸膜や、スルホン基やカルボキシル基をもつフッ素樹脂系イオン交換膜を用いてアクチュエータ素子をつくることが可能であるが、この場合には従来、白金、イリジウム、パラジウム、ルテニウム等の貴金属、または導電性高分子や黒鉛などの耐食性を合わせもつ物質を電極3, 3'として用いることが必要であった。しかし、本発明によれば、陽イオン交換樹脂を予じめ陽イオンによって交換しておくので、高価な電極を用いる必要がなく、電極3, 3'に貴金属以外の金属、例えばニッケルや銅を用いることができ、アクチュエータ素子を安価に製造できる。予め陽イオンにより交換した陽イオン交換樹脂に、ニッケル、銅などの耐食性をもたない金属を付着させると、電極は腐食することなく、長期にアクチュエータ素子として用いることが可能である。